

東大・医学部・難関大生物

東大生物



7章 代謝③

問題

■ 演習

【1】

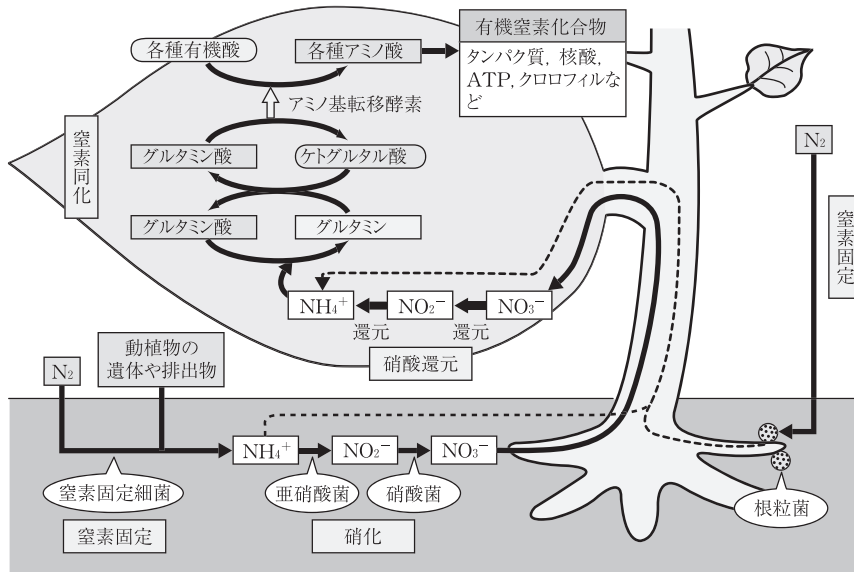
解答

- 問1 アー硝化 イー還元 ウーケトグルタル酸 エーアミノ基
 オー有機 カー無機 キー窒素同化 クー脱窒 ケー窒素固定
- 問2 細菌の名称：亜硝酸菌
 化学反応式： $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 問3 細菌の名称：硝酸菌
 化学反応式： $2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{HNO}_3$
- 問4 化合物名：クロロフィル
 存在の場所：葉緑体
- 問5 (d), (f)
- 問6 根粒菌
- 問7 植物の根に共生する根粒菌が、大気中の N_2 を取り込んでアンモニアにする。こうしてできたアンモニアを植物は吸収する。
- 問8 部分：アミノ基、カルボキシ基
 結合の名称：ペプチド結合
- 問9 17.7g
- 問10 人工的に窒素固定を行い製造した窒素肥料を、農業で用いた場合には、そこから流れ出た窒素分が地下水に流れ込み、河川などに流れ込む。

解説

問1～3 空気は窒素を80%ほど含むが、植物はこのままでは窒素を利用できない。放電などでも土壌中に無機窒素が含まれるようになるが、窒素固定細菌や、根粒菌などの生物も空気中の窒素を土壌中に取り込むはたらきをしている。土壌中の有機窒素は細菌類などの分解者が無機窒素に分解する。無機窒素のうち、アンモニアは亜硝酸菌のはたらきで亜硝酸に、亜硝酸は硝酸菌のはたらきで硝酸にされる。こうして、植物は硝酸やアンモニアを取り入れて利用する。

植物では、葉で窒素同化によって無機窒素化合物をアミノ酸に変換し、それをもとにさまざまな有機窒素化合物を合成している。有機酸は炭素にカルボキシ基が結合した物質で、各種の有機酸にアミノ基を転移させるといろいろなアミノ酸が合成される。アミノ酸が多数結合してできるタンパク質だけでなく、クロロフィルやDNA、RNAも窒素を含んでいる。窒素同化の過程から直接合成させるわけではないが、光合成色素や核酸のもつ窒素も、元をたどれば窒素同化によって取り入れた窒素である。



問4 クロロフィルも窒素を含む。

問5 (d)アゾトバクターは好気性, (f)クロストリジウムは嫌気性の細菌で, 窒素固定を行う。

問6, 7 根粒菌は, 大気中の窒素をアンモニアに変換する作用をもつ。これを窒素固定という。根粒菌は単独でも生活できるが, マメ科植物と共生すると代謝系を大きく変化させ, マメ科植物から有機酸をもらい, 逆にマメ科植物に窒素化合物を与える共生関係となる。

問9 x g の NO_3^- を吸収したとする。20g のタンパク質のうち窒素の割合は16%であるので, $20 \times 0.16 = 3.2$ g が窒素とわかる。 NO_3^- の分子量は62 で窒素は14 なので, 全 NO_3^- に占める N の割合は $14/62$ である。

$$x \times \frac{14}{62} \times 0.8 = 3.2 \quad \therefore x = 17.7$$

問10 植物の生育には窒素が必要である。そこで, 人工的に大気中の窒素を利用してアンモニアを合成し(空中窒素固定)肥料などを作っている。よって, 自然状態で起こる以上の窒素が土壌に含まれることになるが, すべての窒素が植物に取り込まれるわけではないので, 地下水や河川などに窒素分が流れ込む。こうして, 河川や湖沼の窒素源が増え, プランクトンなどの異常増殖を引き起こす原因となる。

【2】

解答

- 問1 (1) 合成培養土で栽培したときよりも生育がよい。
(2) 合成培養土で栽培したときと同じように生育がよい。
- 問2 (1) (ア)－① (イ)－② (ウ)－②
(2) (ア)－② (イ)－① (ウ)－①
- 問3 (1) いずれの根も根粒はできていない。
(2) (ア)－② (イ)－① (ウ)－② (エ)－②
- 問4 (ア)－② (イ)－① (ウ)－① (エ)－②

解説

- 問1 (1) 窒素の乏しい合成培養土でも、ダイズやアルファルファは良好に育った。それは、根粒菌と共生していたためである。よって、根粒菌のいる土では、ホウレンソウも育つことができる。
(2) 何もしていない合成培養土で育てたときと同様、アルファルファには根粒菌が共生するので、同じように生育すると考えられる。
- 問2 (1) 高温で滅菌すると、根粒菌が死滅すると考えられる。よって、滅菌培養土では合成培養土よりも、ダイズの生育は悪いと考えられる。窒素が不足するとクロロフィルも減少する(クロロフィルも窒素を含む)ため、光合成の反応も低下する。
(2) 根粒破砕物を滅菌培養土に加えると、ダイズはよく生育したことより、すりつぶしても根粒は完全には死んでいないことがわかる。したがって、ダイズと根粒菌は共生する。
- 問3 (1) アルファルファ + ダイズの根粒破砕物→生育は非常に悪い
ダイズ + アルファルファの根粒破砕物→生育は非常に悪い
という結果であったことから、いずれにも根粒はできていないと考えられる。
(2) (1)の結果から、ダイズとアルファルファでは異なる根粒菌が共生していると推測できる。よって(イ)は正しいが、(ア)、(ウ)、(エ)は誤りである。

問4 問3にあるように、ダイズもアルファルファも根粒菌と共生するが、それぞれは同じものではないと考えられる。なぜこのようなことが起こるのか、その仕組みを考察する問題である。いろいろな物質や遺伝子が出てくるが、簡単にまとめると

マメ科植物が物質 X を出す→根粒菌がそれを受容し、物質 Y を合成する→受容体タンパク質 R が Y を受け取る→数段階を経て根粒形成にかかわる遺伝子群が発現する。

タンパク質 Z に突然変異が生じている。

- (ア)：タンパク質 Z の機能がいないため、根粒形成の遺伝子が発現しない。
- (イ)：受容体タンパク質 R には変異は生じていないので、Y の検知には問題ない。しかし、その後が進まないで根粒形成に至らない。
- (ウ)：変異体ダイズのタンパク質 Z は伝達物質 P とは結合できないが、他の物質とは結合できるかもしれない。もし、その物質と結合することで根粒形成にかかわる遺伝子群の発現を促すことができれば、他の根粒菌とも共生できるかもしれない。この内容を完全に否定することはできないので、ここでは①を選ぶことになる。
- (エ)：根粒菌には突然変異が起こってなく、また変異体ダイズの物質 X は正常と考えられるので、誤りである。

【3】

解答

問1 アンモニア

問2 DNA, ATP, クロロフィル

問3 (1) ①, ⑥

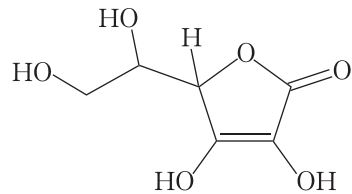
(2) 親系統ダイズは根粒菌と共生できるため、正常に生育できる。しかし、変異体 A は根粒菌と共生できないため、窒素を吸収することができない。よって、タンパク質などを合成できないので生育できない。

(3) 親系統ダイズでは、根粒数を規定する遺伝子をはたらくため、根の一部に十分な数の根粒が形成されると、他の根の部分には根粒が形成されなくなる。よって、時間差接種では、分割根 2 の方には根粒が形成されなかった。変異体 B では、根粒数を規定する遺伝子をはたっていないため、時間差接種でも分割根 2 の方に根粒の形成が抑制されず、根粒が形成された。

解説

問1 空欄の前半の方では、硝酸も考えられる。しかし、後半では窒素固定の内容となっており、硝酸ではなくアンモニアでなければ適さない。空欄の穴埋め問題はよく出題されるが、きちんと問題文全体を読まないと、もっとも適切なものがわからないこともある。

問2 DNA はヌクレオチドを基本単位とした物質である。ATP もヌクレオチドである。リン酸と糖(デオキシリボース, またはリボース)には窒素は含まれないが、塩基には窒素が含まれる。また、クロロフィルも窒素を含む。



ビタミンCの構造

グリコーゲンは多数のグルコースが結合したもので、グルコース(C₆H₁₂O₆)は窒素を含まない。リン脂質はリン酸と脂肪酸、グリセリンからなり、いずれも窒素を含まない。ビタミンCはアスコルビン酸(C₆H₈O₆)という物質で、窒素を含まない。

問3 (1) ダイズ種子に突然変異を誘発したところ、得られた変異体 A が根粒を形成できないことから、ダイズ自体が根粒形成に必要な遺伝子をもっていることがわかる。根粒菌側にも、もちろん根粒形成に必要な遺伝子はあると推測できるが、この実験からはわからない。変異体 B では、親系統では 100 個程度だった根粒数が、3700 個と大きく増加している。このことから、根粒数を決める遺伝子がダイズにあることがわかる。

(2) 生物のからだは、古くなったものは排出されたり細胞内で分解されたりして、常に新しいものがつくられている。よって、数日程度であれば、窒素の含まれない土壌中でも植物体内にもともとある物質だけで生きていけるが、時間が経つと体内の物質だけでは賅えなくなる。光があたれば光合成はできるが、光合成を行うために必要な酵素などが不足すれば、光合成も進まなくなる。

- (3) この実験結果だけでは曖昧なところもあるが、親系統では5日の時間差接種によって、分割根2では根粒ができていないが、変異体Bではできていることより、変異体Bで異常が起きたのは根粒数が増えすぎないように抑制するはたらきであったと予想できる。変異が起きた遺伝子からの産物そのものが根粒形成を抑制するのか、抑制にはたらく他の物質にはたらきかけるのかはわからない。あくまで、予測できる範囲内の記述にとどめること。

添削課題

解答

問1 アンモニアや亜硝酸の酸化でエネルギーを得て、二酸化炭素から合成する。(34字)

問2 窒素固定

問3 (a) - ○ (b) - × (c) - × (d) - ○

問4 硫酸アンモニウムのアンモニウムイオンは正電荷をもつため酸化層に保持されて、硝化細菌のはたらきで硝酸イオンになる。この硝酸イオンは負電荷であるので土壌に保持されず、鋤床層から漏出する。さらに、この硝酸イオンは還元層においては脱窒素細菌のはたらきで窒素に還元されて失われ、アンモニウムイオンは植物に吸収される前に失われるから。

(161字)

問5 還元層に与えれば、硝化細菌がはたらくこともなく、脱窒もされないのので、アンモニウムイオンのままイネに供給される。(55字)

解説

問1 亜硝酸菌はアンモニアを酸化して亜硝酸に、硝酸菌は亜硝酸を酸化して硝酸にする際に放出されるエネルギーを使用して炭酸同化を行っている。化学合成細菌も、二酸化炭素を固定するのは植物と同じようにカルビン・ベンソン回路である。

問2 硝化細菌はアンモニウムイオンを酸化して硝酸イオンに、窒素固定細菌は窒素をアンモニウムイオンに固定する。

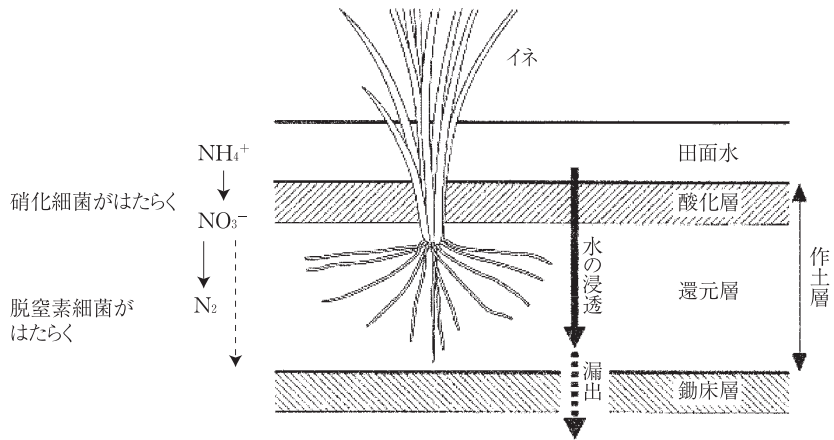
問3 (a)：硝化細菌は、無機物を酸化したエネルギーを利用するため、好気的な状態が適している。よって、酸化層でははたらくことができる。

(b)：脱窒素細菌の硝酸呼吸のことを、脱窒作用という。硝酸呼吸は嫌気的な条件下で行われるので、好気的な酸化層でははたらくことができない。

(c)：嫌気的な条件下である還元層では、硝化細菌ははたらくことができない。

(d)：硝酸呼吸は嫌気的な条件下で行われるので、還元層では脱窒素細菌ははたらくことができる。

問4 正電荷のアンモニウムイオンは酸化層で硝化作用を受けて硝酸イオンになる。負電荷の硝酸イオンは作土層から漏出し、また硝酸イオンが還元層に移行するために脱窒素細菌がはたらける環境になる。よってまいた窒素が植物に吸収されることはない。



問5 酸化層は酸素が存在し硝化細菌がはたらくので、還元層にまくとよい。

8章 代謝④

問題

■ 演習

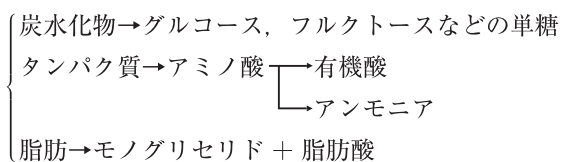
【1】

解答

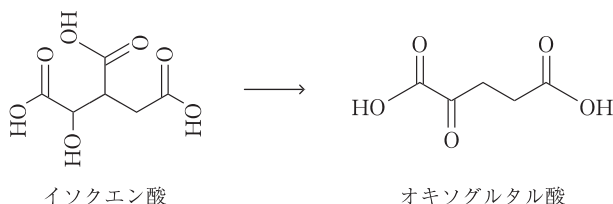
- 問1 1 - 水 2 - 熱 3 - モノグリセリド 4 - 脂肪酸
 5 - アンモニア(またはアミノ基) 6 - 有機
- 問2 (1) クエン酸回路 (2) イソクエン酸
 (3) 2個 (4) 5
 (5) e (6) アロステリック酵素
 (7) 上昇させる。
- 問3 (1) 二酸化炭素を吸収する。(11字)
 (2) コムギ：計算式 $(99.8-1.4) \div 99.8$ 答 0.99
 ヒマ：計算式 $(105.5-31.3) \div 105.5$ 答 0.70
 (3) コムギ：炭水化物
 ヒマ：脂肪
 (4) a

解説

問1 燃焼とは物質が炎をあげて燃えることで、物質がもつ化学エネルギーを熱エネルギーに変換することともいえる。呼吸は、緩やかに進む燃焼と考えることもできる。有機物は、まず消化によって次のような物質にまで分解される。



問2 オキソグルタル酸と α -ケトグルタル酸は同じ物質である。クエン酸回路では、イソクエン酸($C_6H_8O_7$)が脱水素されさらに脱炭酸されると、オキソグルタル酸($C_5H_6O_5$)になる。

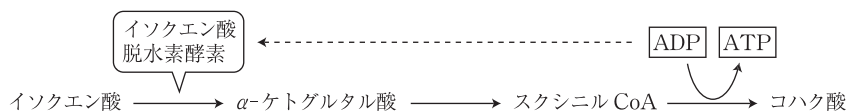


クエン酸回路については、代表的な中間代謝物の炭素数は覚えておきたい。炭素数が6→

5となるのがイソクエン酸→オキソグルタル酸で、炭素数5→4となるのがオキソグルタル酸→スクシニル CoA の2カ所である。よって、クエン酸回路ではピルビン酸1分子に対して、二酸化炭素2分子が生じることになる。

解糖系とクエン酸回路で起こった脱水素反応は、補酵素である NAD^+ と FAD が水素をもった状態 NADH , FADH_2 になっている。この状態のままでは次の反応を起こせないの、電子伝達系で酸化されてもとの NAD^+ と FAD に戻る。

イソクエン酸からの、クエン酸回路の反応の一部を示す。



もし、ADP がイソクエン酸脱水素酵素の活性を低下させる方向に作用するならば、スクシニル CoA → コハク酸の反応が低下するので、ADP → ATP の反応も低下する。すると、より ADP が増えてイソクエン酸脱水素酵素の活性を低下させ、最終的にはクエン酸回路全体が進まなくなってしまう。ADP がイソクエン酸脱水素酵素の活性を上昇させるのであれば、スクシニル CoA → コハク酸, ADP → ATP の両方の反応が進む。すると、ADP 濃度が低下し、イソクエン酸脱水素酵素の活性を上昇させる作用が起こりにくくなる。こうして、フィードバック調節を行うことができる。

問3 呼吸では二酸化炭素を放出して(フラスコ内の気体量を + にする), 酸素を吸収する(気体量を - にする)。水酸化カリウム溶液には二酸化炭素が吸収されるので、コムギで 99.8 気体が減少したのは、酸素の吸収による。一方、水が入っているフラスコでは、酸素の吸収量と二酸化炭素の放出量の差 ($\text{O}_2 - \text{CO}_2$) が気体の減少量 1.4 となる。コムギでは

$$\text{呼吸商(RQ)} = \frac{\text{CO}_2 \text{ の体積}}{\text{O}_2 \text{ の体積}} = \frac{\text{O}_2 - (\text{O}_2 - \text{CO}_2)}{\text{O}_2} = \frac{99.8 - 1.4}{99.8} = 0.985$$

となる。呼吸商は基質によって異なり、

$$\text{炭水化物 } 1.0 \quad \text{タンパク質 } 0.8 \quad \text{脂肪 } 0.7$$

であるので、コムギでは炭水化物とわかる。同様に、ヒマも計算すると呼吸商が 0.703 となるので、呼吸基質は脂肪である。

【2】

解答

- 問1 アー2 イー2 ウー6
 問2 ②
 問3 ①
 問4 グループ2

解説

解糖系は、図1のように10段階もの反応を経てグルコースをピルビン酸に分解する。

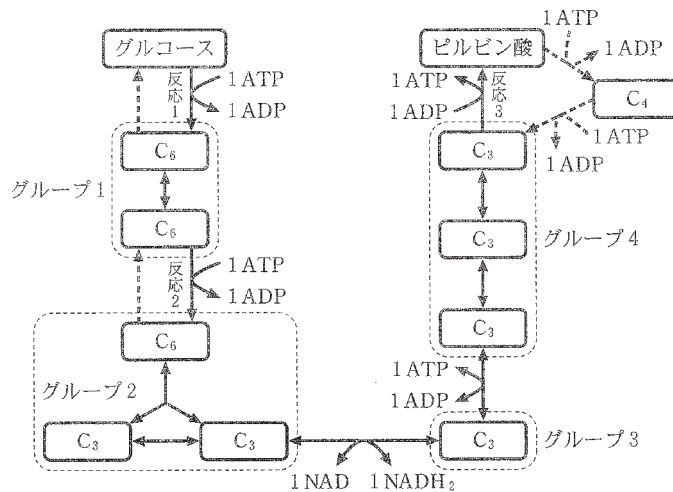


図1

グループ2のC₆化合物(フルクトース-1, 6-ビスリン酸)ができるまでは、元々のグルコースがもっていた自由エネルギーよりも高くなる。そして、グループ3のC₃化合物(ビスホスホグリセリン酸)になるとき、大量のエネルギーを放出し、NADを還元してNADH₂としエネルギーを保存する。その後、ピルビン酸まではエネルギーが減少する反応で、その途中でATPにエネルギーが保存される。ここで合成されたATPは、酵素の触媒反応によってリン酸基がADPに転移されてできたものである。こうしたATPの合成を、基質レベルのリン酸化という。

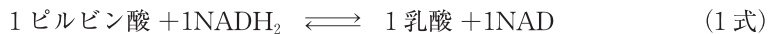
- 問1 ア：図からもわかるように、左側の流れでATPを消費し、右側の流れでATPを合成している。ただし、図で注意したいのは、グループ2でC₆化合物1分子→C₃化合物2分子になっているので、それ以降の流れはグルコース1分子あたりの半分となっている点である。右側の流れでATPが2分子できているが、これはC₃化合物1分子に対してであるので、グルコース1分子で考えると4分子となる。2分子消費して4分子合成するので、差し引きで得られたATPは2分子である。
 イ：これも、C₃化合物1分子に対しては1分子なので、グルコース1分子で考えると2分子である。
 ウ：ピルビン酸からC₄化合物を介しグループ4のC₃化合物までの反応で、ピルビン

酸1分子あたり2分子のATPを必要とする。また、グループ4からグループ3へ1分子のATPを必要とする（ここまで合計3ATP）。その後は、反応1、反応2ともにエネルギーが減少していく反応なので、ATPは必要ない。よって、ピルビン酸2分子あたりでは、 $3\text{ATP} \times 2 = 6\text{ATP}$ となる。

問2 筋肉中で解糖が進むので、グリコーゲンが減少する。よって、肝臓ではグリコーゲンが必要以上に減少しないよう、解糖を抑制する。

問3 化学平衡について考える。 $A+B \rightleftharpoons C+D$ の可逆反応において、右方向への反応速度と左方向への反応速度が等しい場合を、平衡の状態という。平衡が成り立っている場合、濃度や温度などの条件を変えると、その変化を打ち消す方向へと平衡は移動する。

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Bの濃度を高くする} \rightarrow \text{Bを減らす方向, つまり右方向へ移動する} \\ \text{Cを除く} \rightarrow \text{Cを増やす方向, つまり右方向へ移動する} \end{array} \right.$



上記の反応を触媒する乳酸脱水素酵素(LDH)は、左右どちらの方向でもはたらくことができる。(乳酸濃度)/(ピルビン酸濃度)の比と(NAD濃度)/(NADH₂濃度)の比が極端に高い、つまり分母である(ピルビン酸濃度)と(NADH₂濃度)が小さいときは、反応は左方向へと進む。

問4 1式が右へ進むには、(NAD濃度)/(NADH₂濃度)の比が小さくなる、つまりNADH₂が増えればよい。NADH₂が増えるためには解糖系でグループ2→グループ3の反応が進めばよい。中間産物Xがグループ2の物質だとすると、Xの濃度が増大して1式の反応が右へ進めば、NADが解糖系の方で再びNADH₂になる反応も円滑に進む。

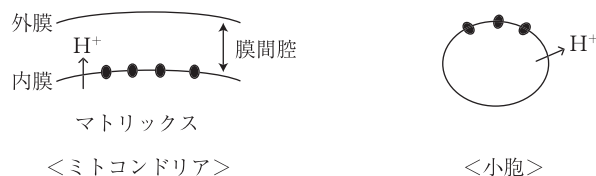
【3】

解答

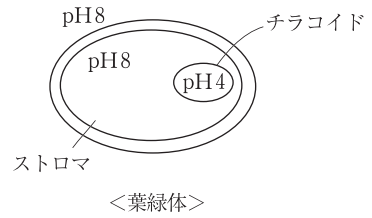
- 問1 1 - ジニトロフェノールは、水素イオンの濃度勾配を解消するはたらきがある。
 2 - トリトン X-100 は界面活性剤で、ミトコンドリアの膜を壊すことで水素イオンの濃度勾配ができなくなるはたらきをもつ。
- 問2 光があたることで水素イオンを小胞内から小胞外へと輸送するタンパク質。
- 問3 温度
- 問4 懸濁液 - 膜間腔(膜間スペース) 小胞の膜 - 内膜
 小胞の内部 - マトリックス
- 問5 アーストロマ イーチラコイド ウ - 暗所
- 問6 D

解説

- 問1 1 : 図2aより、酸素を含むとミトコンドリアでの反応が進み、水素イオンが内膜と外膜の間のスペースから、懸濁液へと移動したことがわかる。ジニトロフェノールを加えたbではこの移動があまり起こらなかった。しかし、電子伝達系そのものははたらいっているため、水素イオンの濃度勾配を解消するはたらきがあるとわかる。
- 2 : 注***が大きなヒントである。グリセリン筋は、細胞膜が壊れて筋原繊維とその周囲のタンパク質だけとなったものである。トリトン X-100 は、細胞膜を壊すはたらきをもつと考えられる。この問題では、ミトコンドリアだけを用いていることから、壊れたのはミトコンドリアの膜とわかる。
- 問2 光を照射すると輸送タンパク質が活性化すると、問題文にある。よって、光によって水素イオンの輸送を行うエネルギーを得ている輸送タンパク質を埋め込む。
- 問3 酵素、可逆的に変える、物理的要因、とあるので温度である。
- 問4 ミトコンドリアは二重膜であるが、ここでは膜は1枚である。この膜は、電子伝達系のあるミトコンドリアの内膜に相当すると考えられる。よって、小胞の内側は内膜の内側であるマトリックスに相当する。ミトコンドリア内膜のすぐ外側は、外膜との隙間である。ここは膜間腔や膜間スペースという。



問5 葉緑体の構造と、pH8の溶液に移したときのpHは右図のようになる。水素イオン濃度は、pH4の方がpH8よりも高いので、チラコイド膜内へと水素イオンを輸送したときと同じような水素イオンの濃度勾配である。暗所で行うのは、明所では純粹にATP合成酵素のはたらきだけでなく、光化学系など他のはたらきもはたらいてしまうからである。



問6 この実験がなくても、ここの問いは知識として知っておくべきことである。

添削課題

解答

問1 D

問2 D

問3 水素イオンが溶液Aからミトコンドリアの膜間スペースに移動したため、濃度勾配が大きくなったから。(47字)

問4 塩濃度ゼロの低張液中に浸したので、ミトコンドリアが吸水して膨らみ膜が壊れた。

(38字)

解説

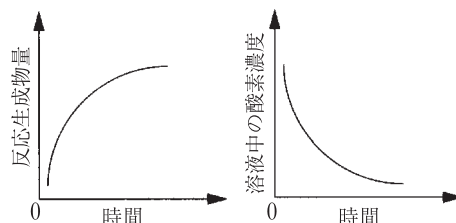
問1 呼吸の過程は、次のようである。

	反応式	ATP合成	行われる場所
解糖系	$C_6H_{12}O_6 + 2NAD^+ \longrightarrow 2C_3H_4O_3 + 2(NADH + H^+)$	2ATP	細胞質基質
クエン酸回路	$2C_3H_4O_3 + 6H_2O + 8NAD^+ + 2FAD \longrightarrow 6CO_2 + 8(NADH + H^+) + 2FADH_2$	2ATP	ミトコンドリアのマトリックス
電子伝達系	$10(NADH + H^+) + 2FADH_2 + 6O_2 \longrightarrow 10NAD^+ + 2FAD + 12H_2O$	34ATP	ミトコンドリアの内膜
反応全体	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O$	38ATP	

クエン酸回路には多数の酵素が働いており、ミトコンドリアのマトリックスにその酵素が含まれている。

問2 ミトコンドリアだけが入っているので、行われているのはクエン酸回路と電子伝達系である。電子伝達系によって、 H^+ と e^- が O_2 と反応して H_2O ができる。この反応が進むほど溶液Aに含まれている酸素濃度は減少していく。よって、A～Cは不適切である。

では、どのように減少していくのかだが、上記の反応は酵素反応であることから、横軸に時間、縦軸に反応生成物量のグラフをかくとAようになる。反応の初期ほど反応生成物の増加量は大きいので、消費される酸素量も多い。よって、Dのグラフが正解となる。



問3 問題文にある(注)を読むと、ミトコンドリア外膜には、低分子を自由に透過させる機構があることが示されている。これより、 H^+ は溶液Aから外膜を通して、膜間スペースへと移動すると考えられる。③にあるように、ATP合成酵素は H^+ が濃度勾配に従って移動するエネルギーを利用する。膜間スペースとマトリックスの H^+ 濃度に違いがある方が、 H^+ の移動によるエネルギーは大きくなるので、ATP合成速度が上昇したと考えられる。

問4 ミトコンドリアも細胞膜同様、リン脂質からなる生体膜である。よって、ミトコンドリアが吸水して膨張すれば、膜が壊れてしまう。問題の図にあるように、ATP合成と電子伝達系は関連しており、 H^+ が膜で仕切られていることによってATPが合成される。膜が壊れてしまうと、 H^+ の濃度勾配ができないためATP合成反応は起こらない。

9章 代謝⑤

問題

■ 演習

【1】

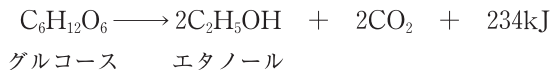
解答

- A 問1 E 問2 F 問3 D
 問4 D 問5 B
- B 問6 ア-アルコール発酵 イ-二酸化炭素 ウ-解糖系 エ-電子伝達系
 問7 酵素(またはチマーゼ)
 問8 (e)
 問9 トリプシンによってアルコール発酵にはたらく酵素が分解されたため。
 問10 ピルビン酸

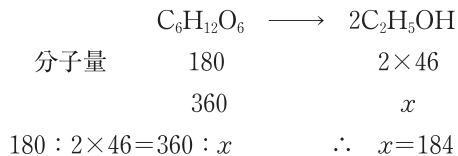
解説

A

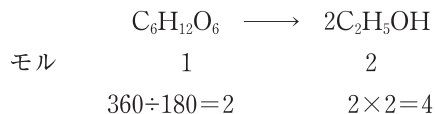
問1 アルコール発酵の反応式は、以下のようである。



問2 グルコースの分子量は $12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6 = 180$ 、エタノールの分子量は $12 \times 2 + 1 \times 6 + 16 \times 1 = 46$ である。分解されたグルコースは 360 g なので、以下のような関係が成り立つ。



あるいは、モル数に注目して



エタノール 1 モルが 46g なので、4 モルでは $46 \times 4 = 184$ (g)

問3 グルコース 1 モルに対して、ATP は 2 モル合成される。この条件では、グルコースは 2 モル分解されたので合成される ATP は $2 \times 2 = 4$ モルである。

問4 グルコース 1 モルに対して、 CO_2 は 2 モル発生する。この条件では、 CO_2 は 4 モル発生したことになる。よって $22.4 \times 4 = 89.6$ (L)

問5 グルコース 1 モルに対して、放出される熱量は 234kJ である。ATP は 2 モルなので、そのために用いられたエネルギーは $30 \times 2 = 60$ kJ である。よって、エネルギー効率は $60 \div 234 \times 100 = 25.64$ (%)

B

問6 ブフナーは、酵母菌をすりつぶして得た抽出液、つまり生きて酵母菌がいなくてもアルコール発酵が起こることを発見し、この発酵にかかわる物質をチマーゼと名付けた。それまでは、発酵は細胞によるものだという説と、細胞ではなく分子の振動によって起こるものだという説があった。しかし、ブフナーのこの発見によって、そのどちらでもなく酵素(のちに明らかになった)であると結論がつけられた。

問7 上のような歴史的なことを踏まえて、チマーゼという答えでもよい。

問8, 9 (e)トリプシンはタンパク質分解酵素であるので、酵素は分解されてしまう。(a)リゾチームは多糖類を分解する酵素で、細菌の細胞壁の成分を分解することから薬品として用いられている。ヒトの涙や血清中にも含まれている。

問10 グルコースは10段階の反応で、ピルビン酸にまで分解される。その後、さらにアセトアルデヒド→エタノールと反応が進む。

【2】

解答

問1 1-C 2-A

問2 3, 4-2C₂H₅OH, 2CO₂ (順不同)

問3 2分子

問4 グルコース溶液中に他の微生物や酵素などが含まれ、他の代謝が行われないようにするため。(42字)

問5 バイオリアクター

問6 (1) 2分子

(2) ヨーグルト, チーズ, キムチ などから2つ

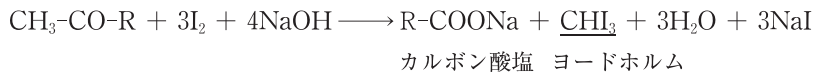
(3) 解糖

解説

酸素を用いない異化を発酵という。代表的な発酵は、以下の3つである。

	行う生物(場所)	反応式
アルコール発酵	酵母菌	C ₆ H ₁₂ O ₆ → 2C ₂ H ₅ OH(エタノール)+2CO ₂ (+2ATP)
乳酸発酵	乳酸菌	C ₆ H ₁₂ O ₆ → 2C ₃ H ₆ O ₃ (乳酸)(+2ATP)
解糖	筋肉	

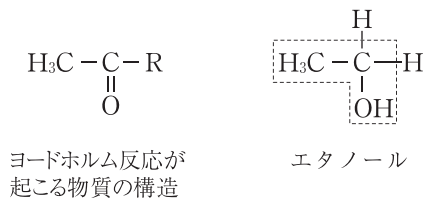
問1 アセチル基 CH₃CO⁻ をもつ化合物と水酸化ナトリウム水溶液, ヨウ素の混合物を温めると, ヨードホルムが生成する。これを, ヨードホルム反応という。



エタノールでは, 酸化されると図の点線で囲んだ部分が CH₃CO⁻ となるので, ヨードホルム反応が起こる。



問題では, ヨウ素ヨウ化カリウム溶液を用いているが, 同様の反応が起こる。



問2 グルコース1分子は, エタノール2分子と二酸化炭素2分子に分解される。

問3 アルコール発酵, 乳酸発酵, 解糖のいずれも, グルコース1分子から得られるATPは2分子である。これは, 3つの反応に共通する解糖系の過程でのみ, ATPが得られるからである。

問4 どんなに注意しても、グルコース溶液をつくるときに空気中のカビの胞子や細菌などが混入する。そこで、発酵させる前に滅菌して(オートクレーブという高压蒸気滅菌器をよく用いる)おく必要がある。

問5 生体内の化学反応は、酵素によって触媒される。このしくみを利用して、有用物質の生産や分析を行う装置をバイオリクターという。問題のように細胞をそのまま用いる場合や、酵素を用いる場合などがある。この装置を使うと、得たい物質を大量に生産できるので、工業的な意味がある。

問6 乳酸菌とは、乳酸発酵を行う細菌の総称である。乳酸発酵は、グルコースをピルビン酸にまで分解した後、さらにピルビン酸を還元して乳酸にする反応である。アルコール発酵では C_2 化合物のエタノールにするために二酸化炭素が発生するが、乳酸は C_3 化合物なので二酸化炭素は発生しない。

【3】

解答

- 問1 ③ 問2 ⑤
 問3 ⑥ 問4 ②
 問5 ③ 問6 ②

解説

問1 呼吸商(RQ)は、放出二酸化炭素量/吸収酸素量である。量とあるが、分子量ではなく、モル(つまりは分子数)か体積であることに注意したい。

問2, 3 文章全体を読む必要がある。空欄エで呼吸基質が何であるかがわかる、とあるので、空欄ウにはそれに合う文を選ぶことになる。① RQが酸素濃度とともに変化するのはグラフから正しいが、それでは呼吸基質を特定できない。④ 8%未満の低酸素濃度下ではRQが1より大きい(二酸化炭素放出量の方が酸素吸収量より多いから)が、これは呼吸と発酵がともに行われていることがわかるのであって、呼吸基質が何かという特定はできない。

問4 ①乳酸発酵と③解糖は同じ反応経路であり、いずれも二酸化炭素は放出しない。よって、呼吸と一緒にいっていても、発酵からの二酸化炭素の放出はないので、RQは1を超えることはない。

アルコール発酵については、教科書では酵母菌についての記述がメインのため、酵母菌しか行わないようにも思えるが、実際には植物でも嫌気的条件下におかれると発酵を行うことがある。たとえば、水生植物は葉の一部だけが水面に出ているが、植物体全体が水に浸かっていたり、嫌気的条件下におかれている。こうした植物では、アルコール発酵を行うことは一般的である。

問5 酸素濃度が3%のとき、二酸化炭素放出量は6、酸素吸収量は4であるので $RQ=6/4=3/2$ である。呼吸基質はグルコースであるので、呼吸によって吸収した酸素量と放出した二酸化炭素量は等しい。よって、二酸化炭素放出量6のうち、4は呼吸で、2はアルコール発酵で放出されたとわかる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{二酸化炭素放出量} \quad 6 \quad (\rightarrow \text{呼吸} \underline{4} + \text{アルコール発酵} \underline{2}) \\ \text{酸素吸収量} \quad \underline{4} \end{array} \right.$$

ここで、呼吸とアルコール発酵で分解したグルコース量の比を求める。分解したグルコース量が1のとき、放出する二酸化炭素量は以下のようなものである。

	$C_6H_{12}O_6$	CO_2
呼吸	1	6
アルコール発酵	1	2

いま、呼吸での二酸化炭素放出量は4なので、分解したグルコースは

$$C_6H_{12}O_6 : CO_2 = 1 : 6 = x : 4 \quad \therefore x = 2/3$$

アルコール発酵での二酸化炭素放出量は2なので、分解したグルコースは1である。

よって、呼吸とアルコール発酵で分解したグルコースの比は、

$$\text{呼吸} : \text{アルコール発酵} = 2/3 : 1 = 2 : 3$$

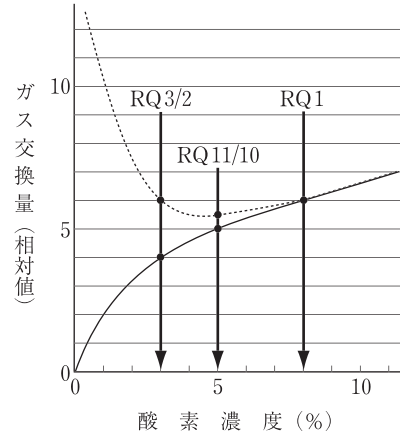
つまり、呼吸で分解したグルコースは全体の $2/5$ である。選択枝の範囲でいうと、 $1/3 < 2/5 < 2/3$ であるので、正解は③となる。

問6 グラフをみると、酸素濃度が8%のとき $RQ=1$ となり、アルコール発酵は行われていないことがわかる。問5と同じように考えて、呼吸によるグルコース消費の割合が $1/2$ になるときの RQ を求める。

	$C_6H_{12}O_6$	CO_2	O_2
呼吸	$1/2$	3	3
アルコール発酵	$1/2$	1	0

よって、 $RQ = (3+1)/3 = 4/3$ である。

グラフから読み取れる RQ は右図のようである。酸素濃度が高くなるほど RQ は小さくなり、 $RQ 4/3$ は $3/2$ と $11/10$ の間であるので、3%以上5%未満の酸素濃度のときに、呼吸の割合が $1/2$ になるとわかる。



B3/B3J

東大・医学部・難関大生物

東大生物



Z-KAI

会員番号

氏名

不許複製